การสำรวจคุณลักษณะน้ำทิ้งจากกระบวนการย้อมผ้าไหมด้วยสีเคมี : กรณีศึกษา สถานประกอบการโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) จังหวัดสุรินทร์

Wastewater characterization from chemical dyeing process of silk: case study household Thai silk production, One Tumbon One Product (OTOP), Surin Province

อมรพล ช่างสุพรรณ[1*], เทพวิทูรย์ ทองศรี[1], สุรัตน์ เพชรเกษม[1], วราภรณ์ กิจชัยนุกูล[1], ชนินทร์ เลิศคณาวนิชกุล[1], ณตะวัน ทิพย์วิเศษ[1], วสันต์ ธีระพิทยานนท์[1], กัญญา ม่วงแก้ว[1], นิมิต พาลี[1], จิระฉัตร ศรีแสน[1], วีรภัทร์ ทองอนันต์[1] และ พรวิภา นารถมณี[1]

Amornpon Changsuphan[1*], Tepwitoon Thongsri[1], Surat Petchkaseam[1], Waraporn Kitchainukul[1], Chanin Lertkanavanichakul[1], Natawan Tipviset[1], Wasan Tirapitayanon[1], Kanya Muangkaew[1], Nimit Palee[1], Jirachatr Srisaen[1], Veerapat Thonganan[1] and Pornvipa Nartmanee[1]

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์ผ้าไหมไทยเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ประสบความสำเร็จภายใต้โครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) โดยสามารถสร้างอาชีพที่มั่นคงและรายได้ที่พอเพียงให้กับชุมชนได้ แต่กระบวนการผลิตผ้าไหมไทยก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ก่อให้เกิดน้ำเสียแม้ว่าจะเป็นการผลิตในครัวเรือนหรือในชุมชนก็ตาม โดยกระบวนการที่ก่อให้เกิดน้ำเสียคือกระบวนการย้อมไหม และน้ำเสียที่เกิดขึ้นถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำและแหล่งดินธรรมชาติในบริเวณท้องถิ่นนั้นๆ โดยไม่ได้รับการบำบัดอย่างถูกวิธี การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบคุณลักษณะของน้ำเสียจากกระบวนการย้อมไหมด้วยสีเคมีเพื่อเป็นข้อมูลในการจัดการน้ำเสียและออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับครัวเรือนและชุมชน โดยเก็บตัวอย่างจากสถานประกอบการ OTOP ประเภทผ้าทอ (ผ้าไหม) ในพื้นที่จังหวัดสุรินทร์จากผู้ประกอบการ 4 รายใน 4อำเภอ การเก็บตัวอย่างน้ำเสียจะเก็บทุกขั้นตอนในกระบวนการย้อมสี ทั้งนี้ได้ตัวอย่างน้ำเสียทั้งหมด 8 ตัวอย่าง ตัวอย่างน้ำเสียที่เก็บได้นำมาทดสอบหาปริมาณ ความเข้มสี พีเอช (pH) ซีโอดี (chemical oxygen demand; COD) ของแข็งแขวนลอย (suspended solids; SS) ของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (total dissolved solids; TDS) และโลหะหนัก ผลการทดสอบพบว่าน้ำเสียจากขั้นตอนการย้อมไหมมีพีเอช 1.7-8.8, ซีโอดี 1,847-3,439 มิลลิกรัม/ลิตร, ของแข็งแขวนลอย 271-1,200 มิลลิกรัม/ลิตร และของแข็งที่ละลายทั้งหมด 3,000-22,739 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้งของประเทศไทยพบว่า ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย และของแข็งที่ละลายทั้งหมด มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนด สำหรับพีเอชมีตัวอย่างเดียวที่มีค่าไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน สำหรับในกรณีปริมาณความเข้มสีซึ่งมีค่า 196-10,950 เอดีเอ็มไอ เมื่อเทียบกับค่าแนะนำของประเทศสหรัฐอเมริกา (ประเทศไทยยังไม่ได้กำหนดมาตรฐาน) พบว่ามีค่าความเข้มสีเกินค่าแนะนำ ในกรณีของปริมาณโลหะหนัก ผลการทดสอบตัวอย่างน้ำเสียพบว่ามีปริมาณโลหะหนักน้อยมาก และอยู่ในเกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐานน้ำทิ้งของประเทศไทย

Abstract

Household Thai silk production under One Tumbon One Product (OTOP) project can contribute the sustainable career and income to the local. However, household Thai silk production processes produce a number of wastewater. The chemical dyeing process is the process which produces wastewater. This wastewater usually discharges to the environment without any treatment. This study aims to characterize the quality of wastewater from chemical dyeing process prior to design the simply wastewater treatment system for household. Surin province which located at the northeast of Thailand was the sampling location. Totally 8 samples of wastewater from chemical dyeing process were collected from 4 different districts.The key parameters to characterize the wastewater are color, pH, chemical oxygen demand (COD), suspended solids (SS), total dissolved solids (TDS) and heavy metals. The results illustrate that wastewater from chemical dyeing process had pH 1.7-8.8, COD 1,847-3,439 mg/L, SS 271-1,200 mg/L and TDS 3,000-22,739mg/L which was over Thailand national standard for wastewater except for pH. There was only 1 sample that over Thailand national standard for wastewater. The color was 196- 10,950 ADMI which over the USA guidelines (no Thailand national standard).In the case of heavy metals, there were very low concentrations were detected and they were in acceptable range when compared with Thailand national standard for wastewater.

คำสำคัญ: น้ำเสีย, น้ำทิ้ง, ไหมไทย, ผลิตภัณฑ์ในครัวเรือน, การย้อมสี

Keywords: Wastewater, Effluent, Thai silk, Household products, Dyeing process

[1]กรมวิทยาศาสตร์บริการ

*Corresponding author Email address : amornpon@dss.go.th

1.บทนำ (Introduction)

ความโดดเด่นของผ้าไหมไทย เกิดจากกระบวนการผลิตที่เป็นเอกลักษณ์ที่ได้รับการสืบทอดมาจากรุ่นสู่รุ่น รวมถึงสีและลักษณะของผ้าไหมไทยที่มีความเป็นอัตลักษณ์เฉพาะ ทำให้ผ้าไหมไทยมีราคาสูงและมีชื่อเสียงเป็นที่รู้จักทั่วโลก ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเป็นพื้นที่ ที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์ผ้าไหมทอมือในระดับครัวเรือนมากที่สุดในประเทศไทย กล่าวคือ เพียง 4 จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีการผลิตผลิตภัณฑ์ผ้าไหมทอมือถึงร้อยละ 64 ของทั้งประเทศไทย จังหวัดดังกล่าวคือ จังหวัดมหาสารคาม (ร้อยละ 25) จังหวัดสุรินทร์ (ร้อยละ 14) จังหวัดบุรีรัมย์ (ร้อยละ 13) และจังหวัดขอนแก่น (ร้อยละ 12) [1] ในการผลิตผลิตภัณฑ์ผ้าไหมทอมือมีกระบวนการผลิตหลายกระบวนการประกอบด้วย กระบวนการเลี้ยงไหมและผลิตเส้นไหม กระบวนการย้อมไหม กระบวนการทอ และกระบวนการตัดเย็บ โดยกระบวนการย้อมเส้นไหมเป็นกระบวนการที่ก่อให้เกิดน้ำเสีย [2] และปล่อยลงสู่แหล่งน้ำและแหล่งดินธรรมชาติโดยไม่ได้รับการบำบัดอย่างถูกวิธี กระบวนการย้อมเส้นไหมสามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนย่อยได้ 3 ขั้นตอน คือ 1. ขั้นตอนการฟอกและลอกกาวไหม 2. ขั้นตอนการย้อม 3. ขั้นตอนการล้าง โดยทั้ง 3 ขั้นตอนต้องใช้น้ำและก่อให้เกิดน้ำเสียในปริมาณมาก กระบวนการย้อมไหมปัจจุบันมีทั้งการใช้สีธรรมชาติและสีเคมี แม้ว่าจะมีการส่งเสริมให้ใช้สีธรรมชาติทดแทนการย้อมด้วยสีเคมี แต่สีเคมีก็ยังคงได้รับความนิยมมากกว่า เนื่องจากหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดทั่วไป ย้อมง่าย ให้สีที่สดใสคงทนและหลากหลายมากกว่าสีธรรมชาติ แต่น้ำทิ้งจากกระบวนการย้อมไหมด้วยสีเคมีนั้นมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูง เนื่องจากมีปริมาณสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์สูง [2][3] โดยปัจจุบันมีสีเคมีมากกว่า 9,000 ชนิดขึ้นทะเบียนในบัญชีสีเคมี [2] นอกจากนี้สีเคมียังถูกย่อยสลายโดยกระบวนการทางธรรมชาติได้ยาก ดังนั้นการจัดการน้ำเสียและการบำบัดน้ำทิ้ง จึงมีความสำคัญ ประกอบกับความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมของประชาชนมีมากขึ้น และกฎหมายด้านสิ่งแวดล้อมมีความเข้มงวดมากขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจึงได้รับการตอบรับและเป็นที่ต้องการของตลาดมากขึ้น ผลิตภัณฑ์ OTOP ประเภทผ้าทอก็เช่นเดียวกัน การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบคุณภาพของน้ำเสียจากกระบวนการย้อมไหมด้วยสีเคมี เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดการน้ำเสียและออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการย้อมไหมในครัวเรือน และในชุมชน

2.วิธีการวิจัย (Experimental)

2.1 การเก็บตัวอย่าง

2.1.1 สถานที่เก็บตัวอย่าง

ตัวอย่างน้ำเสียจากทุกขั้นตอนของกระบวนการย้อมสีเส้นไหมได้จากการเก็บตัวอย่างจากสถานประกอบการ OTOP ประเภทผ้าทอ (ผ้าไหม) ในพื้นที่จังหวัดสุรินทร์ โดยเก็บตัวอย่างจาก 4 หมู่บ้านใน 4 อำเภอ

2.1.2 การเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากกระบวนการย้อมเส้นไหมใช้ขวดเก็บตัวอย่างพลาสติกชนิดโพลีโพรไพรรีน (polypropyrene; PP) ขนาด 1 ลิตร จำนวน 3 ขวด ตัวอย่างน้ำเสียที่เก็บได้ทั้งหมดประมาณ 3 ลิตร จะถูกนำไปทดสอบหาปริมาณ ความเข้มสี พีเอช ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย ของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด และโลหะหนัก ซึ่งประกอบด้วย แบเรียม (Barium; Ba) โคบอลต์ (Cobalt; Co) โครเมียม (Chromium; Cr) ทองแดง (Copper; Cu) แมงกานีส (Manganese; Mn) นิคเกิล (Nickel; Ni) ตะกั่ว (Lead; Pb) สังกะสี (Zinc; Zn) ปรอท (Mercury; Hg) สารหนู (Arsenic; As) และ เซเลเนียม (Selenium; Se) โดยโลหะหนักดังกล่าวเป็นโลหะที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัยสูงหากพบในปริมาณสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนด สำหรับค่าพีเอชจะทดสอบทันที ณ สถานที่เก็บตัวอย่าง

ตัวอย่างน้ำเสียถูกเก็บจากทุกขั้นตอนในกระบวนการย้อมเส้นไหม กล่าวคือ ขั้นตอนการฟอกและลอกกาวไหม ขั้นตอนการย้อม และขั้นตอนการล้าง

2.1.3 การรักษาตัวอย่าง

การรักษาตัวอย่างน้ำเสียก่อนการทดสอบในห้องปฏิบัติการ มีรายละเอียดการรักษาตัวอย่างเพื่อทดสอบแต่ละรายการแสดงดังตารางที่ 1 และเมื่อตัวอย่างถึงห้องปฏิบัติการต้องทำการทดสอบตัวอย่างให้เร็วที่สุด ทั้งนี้ต้องไม่เกิน 7 วันนับจากวันเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ 1 วิธีการเก็บรักษาตัวอย่างก่อนการทดสอบในห้องปฏิบัติการ [4]

รายการทดสอบ	วิธีการเก็บรักษาตัวอย่าง
ซีโอดี	ทำให้อยู่ในสภาวะพีเอช ≤ 2 ด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (Concentrated sulfuric acid; H_2SO_4)
ความเข้มสี ของแข็งแขวนลอย ของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด	แช่ในที่ที่มีอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส
โลหะหนัก	ทำให้อยู่ในสภาวะพีเอช ≤ 2 ด้วยกรดไนตริกเข้มข้น (Concentrated nitric acid; HNO_3)

2.2 วิธีทดสอบ

ตัวอย่างน้ำเสียจากกระบวนการย้อมเส้นไหมนำมาทดสอบในห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม กรมวิทยาศาสตร์บริการ โดยทำการทดสอบตามมาตรฐานวิธีทดสอบน้ำและน้ำเสียของประเทศ

สหรัฐอเมริกา [4][5] รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2 ยกเว้นการหาปริมาณความเข้มสี ทดสอบโดยห้องปฏิบัติการบริษัท ยูไนเต็ด แอนนาลิสต์ แอนด์ เอ็นจิเนียริ่งคอนซัลแตนท์ จำกัด การทดสอบทุกตัวอย่างและทุกรายการทำการทดสอบจำนวน 2 ซ้ำ และห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม กรมวิทยาศาสตร์บริการ เป็นห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการ มอก.17025

ตารางที่ 2 วิธีทดสอบน้ำเสียจากการฟอกเส้นไหม

รายการทดสอบ	วิธีทดสอบ
พีเอช	- อิเล็คโตรเมตริกซ์ (Electrometric) [4]
สี	- คัลเลอร์ริเมตริกซ์เอดีเอ็มไอ (Colorimetric; ADMI) [4]
ซีโอดี	- รีฟลักซ์แบบเปิด (Open reflux) [4]
ของแข็งแขวนลอย	- อบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส [4]
ของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด	- อบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส [4]
โลหะหนัก - แบเรียม โคบอลต์ โครเมียม ทองแดง แมงกานีส นิคเกิลตะกั่ว และสังกะสี - ปรอท - สารหนู และเซเลเนียม	- อินดัคทีฟลี คอปเปิล พลาสมา แมสสเปคโตรมิตริ (Inductively coupled plasma - optical emission spectrometry; ICP - OES) [4] - เทอร์มอล ดีคอมโพสิชั่น (Thermal Decomposition) [5] - กราไฟต์ อะตอมมิคแอบซอร์ปชั่นสปคโตรโฟโตมิเตอร์ (graphite atomic absorption spectrophotometer; GF-AAS) [4]

3. ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion)

การศึกษาคุณลักษณะน้ำเสียจากกระบวนการย้อมด้วยสีเคมีสามารถทำได้โดยเปรียบเทียบผลการทดสอบตัวอย่างน้ำเสียจากกระบวนการย้อมเส้นไหมกับมาตรฐานน้ำทิ้งของประเทศไทย แต่เนื่องจากไม่มีมาตรฐานน้ำทิ้งสำหรับสถานประกอบการ OTOP ที่ประกอบกิจการฟอกย้อม การศึกษาครั้งนี้จึงเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน [6] สำหรับความเข้มสี ตามมาตรฐานน้ำทิ้งจากประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมระบุไว้เพียงว่าสีต้องไม่เป็นที่พึงรังเกียจ ดังนั้นเพื่อให้การเปรียบเทียบมีความชัดเจนจึงเปรียบเทียบกับค่าแนะนำสำหรับน้ำทิ้งจากการประกอบกิจการฟอกย้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา [7]

การศึกษานี้เป็นการศึกษาคุณลักษณะน้ำเสียเบื้องต้นสำหรับกระบวนการย้อมเส้นไหมเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจัดการน้ำเสียและการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับสถานประกอบการ OTOP ประเภทผ้าทอ (ผ้าไหม) จึงไม่รวมถึงการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนที่ประกอบกิจการดังกล่าว

3.1 คุณลักษณะน้ำเสียจากขั้นตอนการฟอกและลอกกาวไหม

ขั้นตอนการฟอกและลอกกาวไหมจะทำควบคู่กันไปในขั้นตอนเดียวกัน โดยที่ขั้นตอนการลอกกาวไหมเป็นขั้นตอนการกำจัดกาวไหมธรรมชาติที่ติดอยู่กับไหม สารเคมีที่ใช้ในขั้นตอนนี้ คือ ไตรโซเดียมฟอสเฟต (trisodium phosphate; TSP) โซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate; $NaCO_3$) และสบู่ [8][9] ในขณะที่การฟอกไหมมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เส้นไหมมีความขาวมากขึ้น เนื่องจากไหมธรรมชาติจะมีสีเหลือง

2.3 การศึกษาคุณลักษณะน้ำเสีย

ชนิด จำนวนตัวอย่าง และรายการทดสอบแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ชนิด จำนวนตัวอย่าง และรายการทดสอบ

ผู้ประกอบการ	จำนวนตัวอย่าง/รายการทดสอบ					
	การฟอกและลอกกาว (ตัวอย่าง)	รายการทดสอบ	การย้อม (ตัวอย่าง)	รายการทดสอบ	การล้าง (ตัวอย่าง)	รายการทดสอบ
1	1	พีเอช สี ซีโอดี	1	พีเอช สี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย ของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดและโลหะหนัก	1	พีเอช สี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย ของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด
2	1	พีเอช สี ซีโอดี	1	พีเอช สี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย ของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดและโลหะหนัก	1	พีเอช สี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย ของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด
3	-	-	1	พีเอช สี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย ของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด	-	-
4	-	-	1	พีเอช สี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย ของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด	-	-

หมายเหตุ – หมายถึง ไม่ได้เก็บตัวอย่าง

อ่อน [9] สารเคมีที่ใช้ฟอกไหม คือ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide, H_2O_2)

ผลการทดสอบตัวอย่างน้ำเสียจากขั้นตอนการฟอกและลอกกาวไหม แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบตัวอย่างน้ำเสียจากขั้นตอนการฟอกและลอกกาวไหม

รายการทดสอบ	มาตรฐาน/ค่าแนะนำ	ผู้ประกอบการ	
		1	2
พีเอช	5.5-9.0 [6]	9.8	9.4
สี (เอดีเอ็มไอ)	≤ 150 [7]	1,195	712
ซีโอดี (มิลลิกรัม/ลิตร)	≤ 120 [6]	171	150

จากผลการทดสอบตัวอย่างน้ำเสียจากขั้นตอนการฟอกและลอกกาวไหมพบว่ามีความเข้มสีเกินค่าแนะนำของประเทศสหรัฐอเมริกา (≤ 150 เอดีเอ็มไอ) รวมทั้งพีเอชและซีโอดีมีค่าเกินมาตรฐานน้ำทิ้งของประเทศไทย โดยค่าพีเอช ของน้ำเสียจากขั้นตอนการฟอกและลอกกาวไหม มีค่าอยู่ในช่วง 9.4-9.8 ซึ่งมีสภาวะเป็นด่าง ทั้งนี้เนื่องจากสารเคมีที่ใช้ในการลอกกาวไหม คือ ไตรโซเดียมฟอสเฟต โซเดียมคาร์บอเนต และสบู่ มีสภาพเป็นด่าง ดังนั้นน้ำเสียจากกระบวนการฟอกและลอกกาวไหมจึงมีสภาพเป็นด่าง นอกจากนี้ไหมธรรมชาตินั้นประกอบด้วยโปรตีน [10][11] ทั้งกาวไหมและเส้นไหม ดังนั้นการลอกกาวไหมจึงทำให้โปรตีนจากกาวไหมปะปนลงในน้ำเสียจากขั้นตอนการฟอกและลอกกาวไหม เป็นผลทำให้มีค่าซีโอดีสูง (150-171 มิลลิกรัม/ลิตร) สำหรับความเข้มสี 712-1,195 เอดีเอ็มไอ ซึ่งสูงเกินค่าแนะนำของประเทศสหรัฐอเมริกา ทั้งนี้เนื่องจากขั้นตอนการฟอกสีไหมจากสีเหลืองให้เป็นสีขาวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ส่งผลให้สีจากไหมเจือปนลงในน้ำเสียจากขั้นตอนการฟอกและลอกกาวไหม สำหรับของแข็งแขวนลอยและของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด ไม่ได้ทำการทดสอบสำหรับขั้นตอนการฟอกและลอกกาวไหมเพราะปริมาณตัวอย่างน้ำเสียมีปริมาณไม่เพียงพอ นอกจากนี้ในวันนัดหมายเพื่อเก็บตัวอย่างมีเพียงผู้ประกอบการ OTOP 2 รายเท่านั้นที่มีการฟอกและลอกกาวไหมจึงสามารถเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากขั้นตอนการฟอกและลอกกาวไหมได้เพียง 2 ตัวอย่างสำหรับในกรณีของโลหะหนักซึ่งไม่ได้ทำการทดสอบเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากขั้นตอนการฟอกและลอกกาวไหมไม่มีแหล่งของโลหะหนักจึงไม่จำเป็นต้องทำการทดสอบ

3.2 คุณลักษณะน้ำเสียจากขั้นตอนการย้อมสีและขั้นตอนการล้าง

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบตัวอย่างน้ำเสียจากขั้นตอนการย้อมสีและขั้นตอนการล้าง

รายการทดสอบ	มาตรฐาน/ค่าแนะนำ	ผู้ประกอบการ					
		การย้อม				การล้าง	
		1	2	3	4	1	2
พีเอช	5.5-9.0 [6]	7.8	8.5	8.8	1.7	7.4	7.4
สี (เอดีเอ็มไอ)	≤ 150 [7]	9,240	9,550	10,950	196	27	17
ซีโอดี (มิลลิกรัม/ลิตร)	≤ 120 [6]	1,874	2,643	1,878	3,439	33	17
ของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัม/ลิตร)	≤ 50 [6]	1,050	1,024	1,200	271	2	4
ของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (มิลลิกรัม/ลิตร)	≤ 3,000 [6]	6,738	22,739	5,340	3,000	28	53

ตารางที่ 6 ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างน้ำเสียจากขั้นตอนย้อมสี (มิลลิกรัม/ลิตร)

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ		มาตรฐาน [6]
	ผู้ประกอบการ 1	ผู้ประกอบการ 2	
แบเรียม	0.067	0.323	1.0
โคบอลต์	ไม่พบ	ไม่พบ	-
โครเมียม	0.004	ไม่พบ	-
ทองแดง	0.063	ไม่พบ	2.0
แมงกานีส	0.127	0.447	5.0
นิคเกิล	ไม่พบ	ไม่พบ	1.0
ตะกั่ว	ไม่พบ	ไม่พบ	0.2
สังกะสี	0.523	0.099	5.0
ปรอท	0.001	ไม่พบ	0.005
สารหนู	ไม่พบ	ไม่พบ	0.25
เซเลเนียม	0.016	0.014	0.02

หมายเหตุ

1. Method Detection Limit แบเรียมเท่ากับ 0.009 มิลลิกรัม/ลิตร, โคบอลต์เท่ากับ 0.002 มิลลิกรัม/ลิตร, โครเมียมเท่ากับ 0.004 มิลลิกรัม/ลิตร, ทองแดงเท่ากับ 0.021 มิลลิกรัม/ลิตร, แมงกานีสเท่ากับ 0.003 มิลลิกรัม/ลิตร, นิคเกิลเท่ากับ 0.019 มิลลิกรัม/ลิตร, ตะกั่ว เท่ากับ 0.035 มิลลิกรัม/ลิตร, สังกะสีเท่ากับ 0.052 มิลลิกรัม/ลิตร, ปรอทเท่ากับ 0.001 มิลลิกรัม/ลิตร, สารหนูเท่ากับ 0.003 มิลลิกรัม/ลิตร และเซเลเนียมเท่ากับ 0.003 มิลลิกรัม/ลิตร
2. – หมายถึง ไม่มีมาตรฐานกำหนด

ขั้นตอนการย้อมสี คือ การนำเส้นไหมที่ได้จากขั้นตอนการฟอกและลอกกาวไหมมาย้อมสีโดยย้อมในน้ำร้อนขณะต้มเดือด สีที่ใช้มีทั้งสีธรรมชาติ และสีเคมีดังที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่การศึกษานี้จะศึกษาเฉพาะการย้อมสีเคมี เนื่องจากสีเคมีมีผลกระทบต่อ

สิ่งแวดล้อมสูงและตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้นาน สีเคมีที่ใช้ในขั้นตอนการย้อมเส้นไหมมีมากมายหลายชนิด เช่น สีแอซิด (acid dye) สีเบสิค (basic dye) และสีไดเร็กซ์ (direct dye) เป็นต้น [12] โดยสีเคมีส่วนใหญ่มีส่วนประกอบของ โซเดียมไบคาร์บอเนต (sodium bicarbonate; $NaCO_3$) โซเดียมไบซัลเฟต (sodium bisulfate; $NaHSO_4$) โซเดียมอะซิเตต (sodium acetate; $NaC_2H_3O_2$) ยูเรีย (urea) กรด เช่น กรดซิตริก (citric acid; $C_6H_8O_7$) และกรดอะซิติก (acetic acid; CH_3COOH) เป็นต้น [13] หลังจากการย้อมเส้นไหมที่ได้ต้องผ่านขั้นตอนการล้างโดยนำมาล้างด้วยน้ำสะอาด 3-4 ครั้ง จนกว่าสีที่ย้อมไม่ติดเส้นไหมจะถูกล้างออกหมด [9] โดยผลการทดสอบคุณภาพน้ำเสียจากขั้นตอนการย้อมสีและขั้นตอนการล้างแสดงดังตารางที่ 5 และตารางที่ 6

3.2.1 คุณลักษณะน้ำเสียจากขั้นตอนการย้อมสี

จากผลการทดสอบน้ำเสียในตารางที่ 5 พบว่าค่าพีเอชของน้ำเสียจากขั้นตอนการย้อมเส้นไหมอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ยกเว้นตัวอย่างจากผู้ประกอบการ 4 มีพีเอชเท่ากับ 1.7 ซึ่งมีความเป็นกรดสูงและไม่ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานกำหนด (5.5-9.0) โดยทั่วไปสีเคมีที่ใช้ย้อมไหมจะเป็นสีเบสิคซึ่งมีส่วนประกอบของสารเคมีที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง ดังนั้นจึงทำให้น้ำเสียจากขั้นตอนการย้อมสีมีสภาพเป็นด่าง [14] แต่สำหรับตัวอย่างจากผู้ประกอบการ 4 ซึ่งน้ำเสียจากขั้นตอนการย้อมมีความเป็นกรดสูง ทั้งนี้อาจเนื่องจากสีเคมีที่ใช้เป็นสีแอซิดซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกรด นอกจากนี้ตัวอย่างดังกล่าวยังมีการเติมใบยูคาลิปตัสลงไปในน้ำย้อม โดยผู้ประกอบการรายนี้เชื่อว่าจะทำให้ย้อมติดสีดีขึ้น การใส่ยูคาลิปตัสอาจมีผลทำให้น้ำทิ้งจากขั้นตอนการย้อมมีคุณสมบัติเป็นกรดได้เพราะใบยูคาลิปตัสมีคุณสมบัติเป็นกรด [15][16] สำหรับความเข้มสีเมื่อเทียบกับค่าแนะนำของประเทศสหรัฐอเมริกา (≤ 150 เอดีเอ็มไอ) พบว่ามีค่าสูงเกินค่าแนะนำเกือบ 100 เท่า ทั้งนี้เกิดจากสีที่เหลือจากการย้อม แต่ในตัวอย่างจากผู้ประกอบการ 4 มีความเข้มของสีต่ำที่สุด (196 เอดีเอ็มไอ) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่น ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าในการย้อมสีแต่ละครั้งของผู้ประกอบการ OTOP แต่ละรายนั้นจะใช้สัดส่วนของสีเคมีไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับความต้องการสีอ่อนหรือสีเข้ม ตัวอย่างจากผู้ประกอบการ 4 อาจเป็นน้ำเสียที่มีสัดส่วนของสีเคมีปริมาณน้อย ดังนั้นน้ำเสียที่ได้จึงมีความเข้มสีต่ำ แต่ก็ยังคงเกินค่าแนะนำของประเทศสหรัฐอเมริกา กรณีของซีโอดีพบว่าทุกตัวอย่างมีค่าซีโอดีสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนดมากกว่า 10 เท่า โดยที่ตัวอย่างจากผู้ประกอบการ 4 มีค่าซีโอดีสูงที่สุด (3,439 มิลลิกรัม/ลิตร) ปริมาณซีโอดีมีค่าสูงเนื่องจากในสีเคมีมีสารเคมีที่เป็นทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ ดังนั้นสารอินทรีย์และอนินทรีย์ที่เหลือจากการย้อมไหมจะละลายอยู่ในน้ำเสียจากการย้อมไหม ในตัวอย่างจากผู้ประกอบการ 4 มีการเติมใบยูคาลิปตัสลงไปจึงมีผลทำให้ในน้ำเสียจากขั้นตอนย้อมสีไหมมีสารอินทรีย์มากเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่น ซีโอดีจึงมีค่าสูงที่สุด เมื่อพิจารณาปริมาณของแข็งแขวนลอยและของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด พบว่าตัวอย่างน้ำเสียจากขั้นตอนการย้อมทุกตัวอย่างมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนด โดยเกินเกณฑ์มาตรฐาน 10 เท่า สำหรับปริมาณของแข็งแขวนลอย และ 2-7 เท่า สำหรับของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด ทั้งนี้ยกเว้นตัวอย่างจากผู้ประกอบการ 4 ซึ่งมีปริมาณของแข็งแขวนลอย 271 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด เพียง 5 เท่า และมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดเท่ากับเกณฑ์มาตรฐานกำหนด (3,000 มิลลิกรัม/ลิตร) โดยปริมาณของแข็งแขวนลอยและของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดมาจากอนุภาคของสีที่ละลายน้ำและละลายน้ำไม่หมด สำหรับตัวอย่างจากผู้ประกอบการ 4 ดังที่ได้กล่าวแล้วข้างต้นว่าอาจมีการเติมสีในสัดส่วนที่น้อยกว่าตัวอย่างอื่นปริมาณของแข็งแขวนลอยและของแข็งที่ละลายน้ำจึงต่ำกว่าตัวอย่างอื่น

ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างน้ำเสียจากขั้นตอนการย้อมสี (ตารางที่ 6) ทำการทดสอบเพียง 2 ตัวอย่าง เนื่องจากปริมาณน้ำเสียจากผู้ประกอบการรายที่ 3 และ 4 มีปริมาณไม่เพียงพอสำหรับการทดสอบปริมาณโลหะหนัก ผลการทดสอบเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน พบว่าปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างน้ำเสียจากขั้นตอนการย้อมสีมีความเข้มข้นของโลหะหนักน้อยมาก และไม่สามารถตรวจพบโลหะหนักบางชนิดได้ กล่าวคือ โคบอลต์ นิคเกิล ตะกั่ว และสารหนู

3.2.2 คุณลักษณะน้ำเสียจากขั้นตอนการล้าง

ตัวอย่างน้ำเสียจากขั้นตอนการล้าง (ตารางที่ 5) มีทั้งหมด 2 ตัวอย่างเนื่องจากวันเก็บตัวอย่างมีผู้ประกอบการเพียง 2 รายเท่านั้นที่มีขั้นตอนการล้าง ดังนั้นจึงเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากขั้นตอนการล้างได้เพียง 2 ตัวอย่างเท่านั้น จากผลการทดสอบพบว่าทุกรายการทดสอบ คือ ความเข้มสี พีเอช ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย และของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดและอยู่ในเกณฑ์ค่าแนะนำของประเทศสหรัฐอเมริกาสำหรับความเข้มสี จากผลการทดสอบสามารถกล่าวได้ว่าน้ำเสียจากกระบวนการล้างสามารถปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมได้โดยไม่ต้องผ่านการบำบัด แต่ถึงอย่างไรก็ตามควรมีการเก็บตัวอย่างและทดสอบจากตัวอย่างจำนวนมากกว่าการศึกษาครั้งนี้เพื่อยืนยันว่าน้ำเสียจากขั้นตอนการล้างสามารถปล่อยลงสู่ธรรมชาติได้โดยไม่ต้องบำบัด กรณีโลหะหนักในตัวอย่างน้ำเสียจากขั้นตอนการล้างไม่ได้ทำการทดสอบ เนื่องจากผลการทดสอบโลหะหนักในตัวอย่างน้ำเสียจากขั้นตอนการย้อมนั้นมีปริมาณต่ำมาก จึงไม่จำเป็นต้องทดสอบสำหรับขั้นตอนการล้าง

เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำเสียจากขั้นตอนการล้างแล้วพบว่าในแต่ละสถานประกอบการ OTOP มีน้ำเสียจากขั้นตอนการล้างมากกว่า 100 ลิตรต่อการย้อมสีเส้นไหม 1 วัน ดังนั้นหากน้ำเสียจากขั้นตอนการล้างได้รับการบำบัดแล้วถูกนำกลับไปใช้ใหม่ในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งของกระบวนการย้อมสีเส้นไหมได้ จะช่วยให้ประหยัดทรัพยากรน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดได้ จึงควรมีงานวิจัยเชิงลึกเพื่อต่อยอดแนวความคิดดังกล่าว

4.สรุป (Conclusion)

น้ำเสียทุกตัวอย่างจากขั้นตอนการฟอกและลอกกาวไหมและขั้นตอนการย้อมสี สำหรับรายการทดสอบความเข้มสี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย และของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดมีค่าเกินมาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน [6] และค่าแนะนำสำหรับน้ำทิ้งจากการประกอบกิจการฟอกย้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา [7] (ในกรณีความเข้มสี) ยกเว้นรายการของของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด สำหรับตัวอย่างน้ำเสียขั้นตอนการย้อมจากผู้ประกอบการ 4 มีค่าเท่ากับมาตรฐานกำหนด สำหรับค่า pH น้ำเสียจากขั้นตอนการลอกกาวไหมทุกตัวอย่างมีค่าเป็นด่างและเกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนด เนื่องจากสารเคมีที่ใช้ในการลอกกาวไหมมีคุณสมบัติเป็นด่าง แต่สำหรับตัวอย่างน้ำเสียขั้นตอนการย้อมสีมีเพียงตัวอย่างน้ำเสียจากผู้ประกอบการ 4 เพียงตัวอย่างเดียวมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานเนื่องจากสีที่ใช้อาจเป็นสีแบบแอซิดและมีการเติมใบยูคาลิปตัสลงไปในน้ำย้อม สำหรับปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างน้ำเสียจากขั้นตอนการย้อมสีมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน [6] โดยมีปริมาณต่ำมากและบางตัวมีค่าต่ำกว่าความสามารถของวิธีทดสอบที่จะหาค่าได้ (โคบอลต์ นิคเกิล ตะกั่ว และสารหนู)

น้ำเสียทุกตัวอย่างจากขั้นตอนการล้าง สำหรับรายการทดสอบความเข้มสี พีเอช ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย และของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด มีค่าไม่เกินมาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน จึงสามารถทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อมได้โดยไม่ต้องได้รับการบำบัด แต่ควรทดสอบตัวอย่างจำนวนมากขึ้นเพื่อยืนยันผล แต่เพื่อเป็นการประหยัดน้ำแนะนำให้นำน้ำเสียจากขั้นตอนดังกล่าวมาบำบัดและนำกลับมาใช้ใหม่ โดยต้องมีงานวิจัยรองรับในเรื่องดังกล่าวทั้งนี้ต้องคำนึงถึงความคุ้มทุนด้วย

จากผลการทดสอบคุณลักษณะของน้ำเสียจากกระบวนการฟอกย้อมไหมด้วยสีเคมีในสถานประกอบการ OTOP ในพื้นที่จังหวัดสุรินทร์ พบว่าน้ำเสียจากขั้นตอนการฟอกและลอกกาวไหม และขั้นตอนการย้อมสี มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานและค่าแนะนำกำหนด ดังนั้นเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม น้ำเสียจากกระบวนการฟอกย้อมไหมต้องได้รับการบำบัดก่อนปล่อยลงสู่แหล่งดินหรือแหล่งน้ำธรรมชาติ สำหรับน้ำเสียจากขั้นตอนการล้าง ค่าที่ทดสอบได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและค่าแนะนำกำหนด จึงสามารถทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อมได้โดยไม่ต้องได้รับการบำบัด แต่เพื่อเป็นการประหยัดทรัพยากรน้ำแนะนำให้บำบัดและนำกลับมาใช้ใหม่

เทคโนโลยีที่จะนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีนั้นมีหลากหลายเทคโนโลยี[10][14][17][18] แต่เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียสำหรับสถานประกอบการ OTOP ประเภทผ้าทอ (ผ้าไหม) นั้นควรเป็นระบบที่ดำเนินการ และซ่อมบำรุงง่าย มีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและดำเนินการต่ำ เพื่อความสะดวกของผู้ใช้ ระบบบำบัดน้ำเสียที่ออกแบบต้องสามารถบำบัดน้ำเสียจากขั้นตอนการฟอกและลอกกาวไหม และขั้นตอนการย้อมสีได้ในคราวเดียวกัน และหากต้องการนำน้ำเสียจากขั้นตอนการล้างกลับมาใช้ใหม่ ต้องนำน้ำเสียจากขั้นตอนการล้างมาบำบัดแยกกับน้ำเสียจากขั้นตอนการฟอกและลอกกาวไหม และขั้นตอนการย้อมสี และต้องมีถังเก็บน้ำที่จะนำกลับไปใช้ใหม่ ดังนั้นจึงควรมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับสถานประกอบการ OTOP ประเภทผ้าทอ

5.กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ขอขอบคุณกรมวิทยาศาสตร์บริการที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้ และงานวิจัยครั้งนี้จะสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีไม่ได้หากไม่ได้รับความอนุเคราะห์จากท่านอุตสาหกรรมจังหวัดสุรินทร์ หัวหน้าฝ่ายส่งเสริมอุตสาหกรรม เจ้าหน้าที่สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดสุรินทร์ ตลอดจนผู้ประกอบการ OTOP ประเภทผ้าทอ ในพื้นที่จังหวัดสุรินทร์ จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

6. เอกสารอ้างอิง (References)

[1] AGRIFOOD CONSULTING INTERNATIONAL. *Northeast Thailand silk value chain study*. [Online]. [viewed 14 August 2014]. Available from: www.agrifoodconsulting.com.

[2] MO, J., et al. Pretreatment of dyeing wastewater using chemical coagulants. *Dyes and Pigments*, 2007, 72(2), 240-245.

[3] WANG, C.T., et al. Paired removal of color and COD from textile dyeing wastewater by simultaneous anodic and indirect cathodic oxidation. *Journal of Hazardous Materials*, 2009, 169(1-3), 16-22.

[4] AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, THE AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, and THE WATER ENVIRONMENT FEDERATION. *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 21st ed. Washington, DC : American Public Health Association, 2005.

[5] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Mercury in solids and solutions by thermal decomposition amalgamation and atomic absorption spectrophotometry*. Method 7473.2007.

[6] กระทรวงอุตสาหกรรม. *ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน*. 2539.

[7] ASTHMA AND ALLERGY FOUNDATION OF AMERICA. *Global Textile Effluent Guidelines*. [Online]. [viewed 22 August 2014]. Available from: https://www.wewear.org/assets/1/7/EffluentGuidelines.pdf.

[8] TEXTILE LEARNER. *Degumming/Scouring process of silk*. [Online]. [viewed 23 August 2014]. Available from: http://textilelearner.blogspot.com/2012/03/degummingscouring-process-of-silk.htm.

[9] CHATTHONG THAI SILK. *Thai silk weaving methods*. [Online]. [viewed 23 August 2014]. Available from: http://www.chattongthaisilk.net/index.php?lay=show&ac=article&Id=538850688.

[10] XIAO, S., et al. Effective removal of dyes from aqueous solution using ultrafine silk fibroin powder. *Advance Powder Technology*, 2014, 25(2), 574-581.

[11] GUPTA, D., et al. Cleaner process for extraction of sericin using infrared. *Journal of Cleaner Production*, 2013, 52, 488-494.

[12] นฤมล ศิริทรงธรรม. *การใช้สีและสารเคมีที่ปลอดภัยสำหรับการฟอกย้อมไหม*. [ออนไลน์]. [อ้างถึงวันที่ 23 สิงหาคม 2557]. เข้าถึงจาก: www.qsds.go.th/qthaisilk/peacock_images/safety_chemi-color.pdf.

[13] Paula Burch's Site. *All about hand dyeing.How to dye silk*. [Online]. [viewed 23 August 2014]. Available from: http://www.pburch.net/dyeing/FAQ/silk.shtml.

[14] REDDY S.S., B. KOTAIAH., and N.S.P. REDDY. Color pollution in textile dyeing industry effluents using tannery sludge derived activated carbon. *Bulletin of Chemical Society Ethiopia*, 2008, 22(3), 369-378.

[15] KHAN, M.A., I. HUSSAIN, and E. A. KHAN. Effect of aqueous extract of Eucalyptus camaldulensis L. on germination and growth of Maize (Zea may L.). *Pakistan Journal of Weed Science Research*, 2007,13(3-4), 177-182.

[16] SINGWANE, S.S., and P. MALINGA. Impacts of pine and Eucalyptus forest plantations on soil organic

matter content in Swaziland-case of Shiselwentforest. *Journal of Sustainable Development in Africa*, 2012, 14(1), 137-151.

[17] CHEN, J., et al. Research and application of biotechnology in textile industries in china. *Enzyme and*

Microbial Technology, 2007, 40, 1651-1655.

[18] BOONLERDPORN, N., B. NANTHAKOD, and P. WONGHAD. *Azo dyes removal in water using vacuum ultraviolet process*. Project report No.ENV2012-06. Khonkaen University. 2013.